

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Lempung

Tanah lempung atau tanah liat adalah partikel mineral berkerangka dasar silika yang berdiameter kurang dari 4 mikrometer. Lempung terbentuk dari proses pelapukan batuan silika oleh asam karbonat dan sebagian dihasilkan dari aktivitas panas bumi. (sumber : *Hardiyatmo, 1996*).

Tanah lempung atau tanah liat sebagai campuran partikel-partikel pasir dan debu dengan bagian-bagian tanah liat yang mempunyai sifat-sifat karakteristik yang berlainan dalam ukuran yang kira-kira sama. Salah satu ciri partikel-partikel tanah liat yaitu mempunyai muatan ion positif yang dapat dipertukarkan. Material tanah liat mempunyai daya serap yang baik terhadap perubahan kadar kelembapan karena tanah liat mempunyai luas permukaan yang sangat besar.

Tanah liat atau tanah lempung sebagai deposit yang mempunyai ukuran partikel yang lebih kecil atau sama dengan 0,002 mm. Tanah liat dengan ukuran mikrokonis sampai dengan submikrokonis ini terbentuk dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. (sumber : *Bowles 1991*)

Tanah liat atau lempung akan menjadi sangat keras dalam keadaan kering, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Tanah liat atau lempung mempunyai sifat permeabilitas sangat rendah dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Lempung atau tanah liat adalah suatu silika hidraaluminium yang kompleks dengan rumus kimia $Al_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot kH_2O$ dimana n dan k merupakan nilai numerik molekul yang terikat dan bervariasi untuk masa yang sama. Mineral lempung mempunyai daya tarik menarik individual yang mampu menyerap 100 kali volume partikelnya, dan kekuatan yang besar Partikel-partikel lempung juga mempunyai tenaga tarik antar partikel yang sangat kuat yang untuk sebagian menyebabkan kekuatan yang sangat tinggi pada suatu bongkahan kering (batu lempung).

Tanah liat merupakan jenis tanah yang terbentuk dari proses pelapukan kerak bumi. Kerak bumi tersebut sebagian disusun oleh batuan feldspatik (yakni batuan yang terdiri dari batuan granit dan juga batuan beku). Kerak bumi yang melapuk tersebut terdiri atas berbagai unsur seperti silikon, oksigen dan aluminium sebagai unsur terbanyak. Kemudian aktivitas panas dari bumi membuat kerak bumi tersebut melapuk yang dilakukan oleh asam karbonat. Proses inilah yang menjadikan terbentuknya tanah liat.

Ciri- ciri atau Karakteristik Tanah Liat Tanah liat mempunyai beberapa ciri khusus yang membedakannya dengan jenis tanah lainnya.

Ciri- ciri dari tanah liat antara lain sebagai berikut:

1. Mempunyai sifat liat atau lengket Ciri yang paling khas yang menandai tanah liat ini dilihat dari sifat tanah liat ini. Tanah liat umumnya berbentuk sebagai gumpalan yang keras ketika tanah tersebut kering. Namun ketika tanah tersebut terkena basah oleh air, maka akan terasa lengket. Hal bisa terjadi karena kandungan jenis mineral lempung yang banyak terkandung dalam tanah tersebut. Sifat lengket inilah yang membuat tanah liat mudah dijadikan bentuk-bentuk tertentu.
2. Mempunyai sifat yang sulit menyerap air Satu sifat yang dimiliki oleh tanah liat atau lempung, yakni sulit untuk menyerap air. Karena jenis tanah ini sulit untuk menyerap air, maka daerah yang memiliki tanah liat ini tidak cocok digunakan sebagai lahan pertanian. Hal ini karena lahan pertanian sendiri membutuhkan lapisan tanah yang memiliki sifat mudah menyerap air.
3. Tanah dapat terpecah menjadi butiran- butiran sangat halus saat keadaan kering Tanah liat meskipun ketika basah bersifat lengket dan butiran tanah satu dengan lainnya bersifat menyatu, namun ketika dalam keadaan kering tanah ini dapat terpecah- pecah menjadi butiran- butiran yang halus, bahkan sangat halus menyerupai asir atau kumpulan debu.
4. Tanahnya berwarna hitam terang atau hitam keabu- abuan Tanah liat mempunyai warna tanah yang tidak gelap dan tidak terlalu terang. Dengan kata lain, tanah liat ini mempunyai warna yang hitam cenderung keabu- abuan.

5. Merupakan bahan baku untuk membuat kerajinan tangan berupa gerabah atau tembikar. Karena tanah liat ini memiliki sifat yang lengket, maka tanah liat ini dijadikan sebagai bahan baku untuk membuat berbagai kerajinan tangan seperti gerabah dan juga tembikar. Untuk membuat kerajinan seperti ini, tanah liat harus dibakar dalam suhu di atas 10000 derajat celcius agar dapat mengeras dengan baik.

Sifat-sifat yang dimiliki tanah liat atau lempung adalah sebagai berikut :

1. Ukuran butir halus kurang dari 0,002 mm
2. Permeabilitas rendah
3. Bersifat sangat kohesif
4. Kadar kembang susut yang tinggi
5. Proses konsolidasi lambat

Mineral lempung digolongkan berdasarkan susunan lapisan oksida silikon dan oksida aluminium yang membentuk kristalnya. Golongan 1:1 memiliki lapisan satu oksida silikon dan satu oksida aluminium, sementara golongan 2:1 memiliki dua lapis golongan oksida silikon dan satu lapis oksida aluminium. Mineral lempung golongan 2:1 memiliki sifat elastis yang kuat, menyusut saat kering dan membesar saat basah. Karena perilaku inilah beberapa jenis tanah dapat membentuk kerutan-kerutan atau “pecah-pecah” bila kering.

Tanah liat dapat dibedakan dengan tanah yang lainnya berdasarkan ukuran dan kandungan mineraloginya. *Slits*, yang halus tanah yang tidak termasuk mineral lempung, cenderung memiliki ukuran partikel lebih besar dari tanah liat, tetapi ada beberapa tumpang tindih di kedua ukuran partikel dan sifat fisik lainnya, dan ada banyak deposito alami yang meliputi *silts* dan juga tanah liat.

Ahli geologi dan ilmuwan tanah biasanya mempertimbangkan pemisahan terjadi pada ukuran partikel dari 2 μm (tanah liat halus yang dari *silts*), sedimentologists sering menggunakan μM 4-5, dan koloid kimia menggunakan 1 μM . insinyur Geoteknik membedakan antara *silts* dan tanah liat berdasarkan sifat plastisitas tanah yang diukur dengan ‘Batas Atterberg’. Sedangkan ISO 14688 partikel tanah liat sebagai nilai lebih kecil dari 2 μM dan *silts* lebih besar.

Tanah Liat atau tanah lempung memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Tanahnya sulit menyerap air sehingga tidak cocok untuk dijadikan lahan pertanian.
2. Tekstur tanahnya cenderung lengket bila dalam keadaan basah dan kuat menyatu antara butiran tanah yang satu dengan lainnya.
3. Dalam keadaan kering tanah cenderung sangat keras dengan ukuran butiran tanahnya terpecah-pecah secara halus.
4. Merupakan bahan baku pembuat tembikar dan kerajinan tangan lainnya yang dalam pembuatannya harus dibakar dengan suhu di atas 1000°C.

Jenis-Jenis Tanah Liat:

1. Tanah Liat Primer

Tanah liat primer (residu) adalah jenis tanah liat yang dihasilkan dari pelapukan batuan *feldspatik* oleh tenaga endogen yang tidak berpindah dari batuan induk (batuan asalnya), karena tanah liat tidak berpindah tempat sehingga sifatnya lebih murni dibandingkan dengan tanah liat sekunder.

Selain tenaga air, tenaga uap panas yang keluar dari dalam bumi mempunyai peran dalam pembentukan tanah liat primer. Karena tidak terbawa arus air dan tidak tercampur dengan bahan organik seperti humus, ranting, atau daun busuk dan sebagainya, maka tanah liat berwarna putih atau putih kusam. Suhu matang berkisar antara 1300 °C–1400 °C, bahkan ada yang mencapai 1750 °C yang termasuk tanah liat primer antara lain seperti *kaolin*, *bentonite*, *feldspatik*, *kwarsa*, dan *dolomite* yang biasanya terdapat di tempat-tempat yang lebih tinggi dari pada letak tanah sekunder.

Pada umumnya batuan keras seperti *basalt* dan *andesit* akan memberikan warna merah alami pada lempung sedangkan granit akan memberikan warna putih alami pada lempung. Mineral kwarsa dan alumina dapat digolongkan sebagai jenis dari tanah liat primer karena merupakan hasil samping tanah liat kaolinit yang terbentuk dari pelapukan batuan *feldspatik*. Adapun ciri-ciri tanah liat primer yaitu sebagai berikut:

- a. Berwarna putih cerah sampai putih kusam
- b. Cenderung memiliki butiran-butiran yang kasar,
- c. Tidak plastis

d. Daya lebur tinggi

e. Daya susut kecil dan bersifat tahan api

Dalam keadaan kering, tanah liat primer sangat rapuh sehingga mudah ditumbuk menjadi tepung. Hal ini disebabkan karena ukuran partikelnya yang terbentuk tidak simetris dan bersudut-sudut tidak seperti partikel tanah liat sekunder yang berupa lempengan sejajar.

2. Tanah Liat Sekunder

Tanah liat sekunder atau tanah sedimen (endapan) adalah jenis tanah liat hasil pelapukan batuan feldspatik yang berpindah jauh dari batuan induknya karena adanya tenaga eksogen yang menyebabkan butiran-butiran tanah liat lepas dan mengendap pada daerah rendah seperti lembah sungai, tanah rawa, tanah marine, dan tanah danau.

Akibat dari perpindahan tanah liat oleh air dan angin menyebabkan tanah liat bercampur dengan bahan-bahan organik maupun anorganik sehingga berubah sifat-sifat kimia maupun fisika tanah liat diantaranya seperti ukuran partikel-partikel yang lebih halus dan lebih plastis dari pada tanah liat primer.

Pergerakan air memiliki pengaruh yang besar terhadap tanah liat, salah satunya ialah gerakan arus air cenderung menggerus mineral tanah liat sehingga partikel-partikelnya semakin menipis dan berkurang. Pada saat kecepatan arus melambat, partikel yang lebih berat akan mengendap dan menyisakan partikel yang halus dalam larutan. Pada saat arus tenang seperti di danau atau di laut, partikel-partikel yang halus akan mengendap di dasarnya.

Tanah liat sekunder biasanya terbentuk dari beberapa macam jenis tanah liat dan berasal dari beberapa Sumber. Dalam setiap sungai, endapan tanah liat dari beberapa situs cenderung bercampur. Dari sudut ilmu keramik menganggap bahan organik seperti humus dan daun busuk, oksida logam seperti besi, nikel, titan, mangan dan sebagainya adalah bahan pengotor. Karena pembentukannya melalui proses yang panjang dan bercampur dengan bahan pengotor, maka tanah liat memiliki ukuran butiran yang halus. Tanah liat sekunder memiliki warna

krem, abu-abu, coklat, merah jambu, kuning dengan suhu matang antara 900 0C-1400 0C.

Pada umumnya tanah liat sekunder lebih plastis dan mempunyai daya susut yang lebih besar dari pada tanah liat primer. Semakin tinggi suhu bakarnya maka semakin keras dan semakin kecil porositasnya, sehingga produk benda keramik menjadi kedap air. Dibanding dengan tanah liat primer tanah liat sekunder mempunyai ciri tidak murni, warna lebih gelap, berbutir lebih halus dan mempunyai titik lebur yang relatif lebih rendah. Setelah dibakar tanah liat sekunder biasanya berwarna krem, abu-abu muda sampai coklat tua. Tanah liat sekunder memiliki ciri-ciri:

- a. Kurang murni.
- b. Cenderung berbutir halus.
- c. Plastis.
- d. Berwarna krem, abu-abu, coklat, merah jambu, kuning, kuning muda, kuning.
- e. kecoklatan, kemerahan, dan kehitaman.
- f. Daya susut tinggi.
- g. Suhu bakar 1200 0C–1300 0C, ada yang sampai 1400 0C
- h. Suhu bakar rendah 900 0C–1180 0C, ada yang sampai 1200 0C (*earthenware*).

Terbentuknya warna tanah liat yang alami terjadi karena adanya unsur oksida, besi, dan unsur organik yang biasanya setelah pembakaran akan berwarna kuning kecoklatan, coklat, merah, warna karat, atau coklat tua, tergantung dari jumlah oksida besi dan kotoran-kotoran yang terkandung dibawah tanah liat. Biasanya kandungan oksida besi sekitar 2%-5% menyebabkan tanah cenderung berwarna lebih gelap dan biasanya cenderung lebih cepat matang pada suhu yang lebih rendah. Sebaliknya tanah berwarna lebih terang atau pun putih akan lama matang pada suhu yang lebih tinggi.

Anonim (2008), berdasarkan titik leburnya, tanah liat sekunder dapat dibagi menjadi lima kelompok besar, yaitu :

- a. Tanah Liat Tahan api

Kebanyakan tanah liat tahan api dari yang berwarna putih terang, abu-abu gelap, dan hitam ditemukan di alam dalam bentuk bongkahan padat. Beberapa diantaranya memiliki kadar yang alumina tinggi dan berkadar alkali yang rendah. Titik leburnya mencapai suhu $\pm 1500\text{ }^{\circ}\text{C}$, yang tergolong dalam tanah liat tahan api ialah tanah liat yang tahan dibakar pada suhu tinggi tanpa mengubah bentuk mineral tanah.

b. Tanah Liat *Stoneware*

Tanah liat *stoneware* ialah tanah liat yang dalam pembakaran gerabah (*earthenware*) tanpa disertai perubahan bentuk. Titik lebur tanah liat *stoneware* bisa mencapai suhu $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bisaanya berwarna abu-abu, plastis, mempunyai sifat tahan api dan ukuran butir tidak terlalu halus. Jumlah deposit di alam tidak sebanyak deposit kaolin atau mineral tahan api. Tanah liat *stoneware* dapat digunakan sebagai bahan utama pembuatan benda keramik alat rumah tangga tanpa atau menggunakan campuran bahan lain. Setelah suhu pembakaran mencapai $\pm 1250\text{ }^{\circ}\text{C}$, sifat fisiknya berubah menjadi keras seperti batu, padat, kedap air, dan bila diketuk bersuara nyaring.

c. *Ballclay*

Ballclay sering juga disebut sebagai tanah liat sendimen. *Ball Clay* berbentuk butiran halus dengan tingkat plastisitas sangat tinggi dan daya susutnya besar serta biasanya berwarna abu-abu. Tanah liat ini mempunyai titik lebur antara $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $1350\text{ }^{\circ}\text{C}$. Karena sangat plastis, *ball clay* hanya dapat dipakai sebagai bahan campuran pembuatan massa tanah liat siap pakai.

d. Tanah Liat *Earthenware*

Bahan ini sangat banyak terdapat di alam. Tanah liat ini memiliki tingkat plastisitas yang cukup baik, sehingga mudah dibentuk, warna bakar merah coklat dan titik leburnya sekitar $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tanah liat merah banyak digunakan di industri genteng dan gerabah kasar dan halus. Warna alaminya tidak merah terang tetapi merah karat, karena kandungan besinya mencapai 8%. Bila diglasir warnanya akan lebih kaya, khususnya dengan menggunakan glasir timbal.

e. Tanah Liat Lainnya

Yang termasuk kelompok ini adalah jenis tanah liat monmorilinit.

contohnya *bentonit* yang sangat halus dan rekat sekali. Tanah liat ini hanya digunakan sebagai bahan campuran massa badan kaolinit dalam jumlah yang relatif kecil.

2.2 Petrasoil

Petrasoil termasuk ke dalam *Soil Stabilizer* yang berbentuk bubuk yang berfungsi untuk memadatkan (solidifikasi) dan menstabilkan (*stabilizer*) tanah secara fisik, dengan kandungan kimia untuk merekayasa tanah menjadi sekeras batu, menyingkirkan partikel air (*water repellant*) yang membungkus unsur tanah agar tidak mudah tercampur air, tidak akan lembek terutama pada saat musim penghujan. Membuat unsur tanah (*soil*) mudah dicampur dengan kapur. Kekuatannya jauh melampaui stabilisasi berbahan baku polimer.

(Sumber : Desti Rezekiani dkk, 2018)

Petrasoil dapat digunakan hampir di semua tipe atau kombinasi tanah, kecuali pasir murni (perlu dicampur dengan tanah atau bahan lainnya). Bila di aplikasikan secara tepat akan memadatkan tanah dan menjadikan struktur tanah yang keras dan tahan air.

Manfaat dari Petrasoil yaitu :

1. Dapat memberikan daya dukung pada struktur dasar tanah yang kuat.
2. Memiliki waktu pekerjaan yang cepat.
3. Bisa digunakan tanpa menggunakan lapisan penutup sama sekali.

2.3 Kapur

Kapur merupakan salah satu material yang cukup efektif untuk proses stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah dengan kapur sangat lazim digunakan dalam proyek-proyek konstruksi dengan berbagai macam jenis tanah, mulai dari tanah lempung biasa sampai tanah ekspansif.

Kapur yang biasa digunakan dalam stabilisasi adalah kapur hidup CaO dan Ca(OH)_2 , Kapur yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapur bubuk (CaO) yang dibeli di toko material. Kapur tersebut berasal dari batu kapur (CaCO_3) yang telah dibakar sampai dengan suhu 1000 C. Kapur hasil pembakaran apabila

ditambahkan air akan mengembang dan retak-retak. Banyak panas yang keluar (seperti mendidih) selama proses ini, hasilnya adalah kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH}_2)$. Apabila kapur dengan mineral lempung atau mineral halus lainnya bereaksi, maka akan berbentuk suatu gel yang kuat dan keras, yaitu kalsium silikat yang mengikat butir-butir atau partikel tanah.

(Sumber : Ingles dan Metcalf, 1972)

Batu kapur ialah jenis bantuan sedimen yang mengandung senyawa karbonat. Pada umumnya batu kapur yang banyak terdapat adalah batu kapur yang mengandung kalsit. Batu kapur memiliki warna putih, putih kekuningan, abu-abu hingga hitam. Pembentukan warna ini tergantung dari campuran yang ada dalam batu kapur tersebut, misalnya : lempung, kwarts, oksida besi, mangan dan unsur organik. Batu kapur terbentuk dari sisa-sisa kerang di laut maupun dari proses presipitasi kimia. Berat jenis batu kapur berkisar 2,6 – 2,8 gr/cm^3 , dalam keadaan murni dengan bentuk kristal kalsit (CaCO_3), sedangkan berat volumenya berkisar 1,7- 2,6 gr/cm^3 . Jenis bantuan karbonat dapat dibagi menjadi 2 bagian utama yaitu batu kapur (*limestone*) dan dolomit (*dolostone*). Komposisi batu kapur pada dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Komposisi batu kapur

NO	Komposisi Kimia	% Wt
1	Ca	92,1
2	Fe	2,38
3	Mg	0,9
4	Si	3,0
5	In	1,4
6	Ti	0,14
7	Mn	0,03
8	Lu	0,14

(Sumber : Lukmandkk.,2012)

2.4 Kadar Air

Kadar air adalah sejumlah air yang terkandung di dalam suatu benda, seperti tanah (yang disebut juga kelembaban tanah), bebatuan, bahan pertanian, dan sebagainya. Kadar air digunakan secara luas dalam bidang ilmiah dan teknik dan diekspresikan dalam rasio, dari 0 (kering total) hingga nilai jenuh air di mana semua pori terisi air. Nilainya bisa secara volumetrik ataupun gravimetrik (massa), basis basah maupun basis kering.

(Sumber : *T. William Lambe & Robert V., 1969*)

Kadar air sangat mempengaruhi perilaku tanah khususnya proses pengembangannya. Tanah dengan kadar air rendah memiliki potensi pengembangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah kadar air tinggi. Hal ini disebabkan karena tanah dengan kadar air alami rendah lebih berpotensi untuk menyerap air lebih banyak.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$$

Dimana:

- W_1 = Berat cawan kosong (gram)
- W_2 = Berat cawan dan tanah basa asli (gram)
- W_3 = Berat cawan dan tanah kering (gram)
- $W_2 - W_3$ = Berat air (gram)
- Berat air ($W_2 - W_3$) = gram
- Berat tanah kering (gram)

2.5 Berat Jenis

Berat jenis tanah merupakan perbandingan antara berat butir tanah dengan volume tanah padat atau berat air yang dengan isi sama dengan isi tanah padat tersebut. Perhitungan :

$$\text{Dimana : GS} = \frac{W_2 - W_1}{(W_3 - W_1) - (W_4 - W_2)}$$

GS = Berat jenis butiran

W_1 = Berat piknometer

W_2 = Berat Piknometer + Tanah Kering

W_3 = Berat Piknometer + Tanah + Air

$$W_4 = \text{Berat Piknometer} + \text{Air}$$

Tabel 2.2 Macam-macam berat jenis butiran tanah

JENIS TANAH	BERAT JENIS (GS)
Kerikil	2.65 – 2.68
Pasir	2.65 – 2.68
Lanau anorganik	2.62 - 2.68
Lempung organik	2.58 – 2.65
Lempung anorganik	2.68 – 2.75
Humus	1.37
Gambut	1.25 – 1.80

(Sumber : Hardiyatmo, 1992)

2.6 Batas-batas konsistensi (*Atterberg Limit*)

Suatu metode untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada air yang bervariasi. *Atterberg limits* yang dimiliki suatu jenis tanah memberikan gambaran akan plastisitas tanah tersebut, dan sangat berhubungan dengan masalah kemampuan pengembangan (*swelling*) dan penyusutan (*shrinkage*). Air yang berkaitan dengan fase-fase perubahan pada tanah lempung adalah batas-batas konsistensi (*atterberg limits*). Pengujian batas-batas konsistensi (*atterberg limit*) dilakukan pada tanah terganggu (*disturbed*). Adapun pengujian batas-batas konsistensi (*atterberg limit*) yang dilakukan adalah:

1. Batas cair (*Liquid Limit / LL*)

Batas cair (LL) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. batas cair juga adalah kadar air minimum, yaitu sifat tanah berubah dari keadaan cair menjadi keadaan plastis.

2. Batas Palstisitas (*Plastis Limit* / PL)

Batas plastisitas (PL) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada kedudukan antara daerah plastis dan semi plastis, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

3. Indeks plastisitas (*Plasticity Index*/ PI)

Indeks plastisitas (PI) adalah selisih batas cair dan batas plastis :

$$PI = LL - PL$$

Indeks Plastis (PI) merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Karena itu, plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah. Jika tanah mempunyai PI yang tinggi, maka tanah banyak mengandung butiran lempung. Jika PI rendah, seperti lanau sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering.

Perhitungan :

2.7 Stabilisasi Tanah

Dalam pengertian luas, yang dimaksud dengan stabilisasi tanah adalah pencampuran tanah dengan bahan tertentu, guna memperbaiki sifat-sifat teknis tanah. Menurut Hardiyatmo (2010), proses stabilisasi tanah meliputi campuran tanah dengan tanah lain untuk memperoleh gradasi yang diinginkan, atau pencampuran tanah dengan bahan tambah buatan pabrik, sehingga sifat-sifat teknis tanah menjadi lebih baik. Guna merubah sifat-sifat teknis tanah seperti kapasitas dukung, kompresibilitas, permeabilitas, kemudahan dikerjakan, potensi pengembangan dan sensitifitas terhadap perubahan kadar air, maka dapat dilakukan dengan cara penanganan dari yang paling mudah, seperti pemadatan sampai teknik yang lebih mahal , seperti mencampur tanah dengan semen, kapur, abu terbang, injeksi semen (*grouting*), dan pemanasan serta dengan cara lainnya.

Dalam pembangunan perkerasan jalan, stabilisasi tanah didefinisikan sebagai perbaikan jalan lokal yang ada, dengan cara stabilisasi mekanis atau dengan cara menambahkan suatu bahan tambah (*additive*) ke dalam tanah. Setiap komponen lapis perkerasan harus mampu menahan geseran, lendutan berlebihan yang menyebabkan retaknya lapisan di atasnya dan mencegah deformasi

permanen yang berlebihan akibat memadatnya material penyusun. Jika material tanah distabilisasi, maka kualitasnya menjadi bertambah, dan kemampuan lapisan tersebut dalam mendistribusikan beban ke area yang lebih luas juga bertambah, sehingga mereduksi tebal lapisan perkerasan yang dibutuhkan.

Sementara itu, menurut Ingles dan Metcalf (1972), stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan metode, yaitu :

1. Cara mekanis

Perbaikan tanah dengan menggunakan cara mekanis yaitu perbaikan tanah tanpa penambahan bahan-bahan lainnya. Stabilisasi mekanis biasanya dilakukan dengan menggunakan peralatan mekanis seperti mesin gilas, penumbuk, peledak, tekanan statis dan sebagainya. Tujuan stabilisasi ini adalah untuk mendapatkan tanah yang berdaya dukung tanah baik dengan cara mengurangi angka pori sehingga menghasilkan kepadatan tanah yang maksimum. Metode ini biasanya digunakan pada tanah yang berbutir kasar dengan fraksi tanah yang lolos saringan no. 200.

2. Cara fisik

Perbaikan tanah dengan cara fisik yaitu dengan memanfaatkan perubahan fisik yang terjadi seperti hidrasi, penyerapan air, pemanasan, pendinginan, dan menggunakan arus listrik.

3. Cara kimiawi

Perbaikan tanah dengan cara kimiawi adalah penambahan bahan stabilisasi yang dapat mengubah sifat-sifat kurang menguntungkan dari tanah. Metode stabilisasi ini biasanya digunakan untuk tanah yang berbutir halus. Pencampuran bahan kimia yang sering dilakukan adalah dengan menggunakan semen, kapur, abu batubara dan sebagainya

2.8 Pemadatan

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel. Tanah dapat dikerjakan pada mulanya dengan proses pengeringan, penambahan air, atau dengan bahan-bahan penambah. Pemadatan di lapangan dapat dilakukan dengan

menggunakan mesin gilas, alat pemadat getaran, dan dari benda-benda berat yang dijatuhkan, sedangkan pemadatan di laboratorium dengan menggunakan daya tumbukan (dinamik), alat penekan, atau alat tekanan static yang menggunakan piston dan mesin tekanan.

Maksud dari pemadatan tanah adalah :

1. Mempertinggi kuat geser tanah
2. Mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas)
3. Mengurangi permeabilitas
4. Mengurangi volume sebagai akibat perubahan kadar air, dan lainnya.

Tujuan pemadatan adalah untuk memperbaiki sifat-sifat teknis massa tanah.

Beberapa keuntungan yang didapatkan dengan adanya pemadatan adalah :

1. Berkurangnya pemadatan permukaan tanah (*subsidence*), yaitu gerakan vertikal di dalam massa tanah itu sendiri akibat berkurangnya angka pori.
2. Bertambahnya kapasitas daya dukung tanah.
3. Berkurangnya penyusutan, berkurangnya volume akibat berkurangnya kadar air.

Tingkat kepadatan tanah diukur dari nilai berat volume keringnya (γ_d). Berat volume kering tidak berubah oleh adanya kenaikan kadar air. Dengan demikian, tanah yang telah selesai dipadatkan di lapangan kemudian berubah kadar airnya maka berat volume kering tetap tidak berubah sepanjang volume total tanah masih tetap. Pengujian pemadatan ini dilakukan untuk mengurangi kompresibilitas dan permeabilitas tanah serta untuk menentukan kadar air optimum yang didapat dari hasil pengujian pemadatan ini digunakan untuk penelitian uji kuat tekan bebas.

Pemadatan tanah ini dilakukan pada asli dan campuran yang menggunakan metode *Standart Compaction Test*. Pengujian ini dipakai untuk menentukan kadar air optimum dan berat isi kering maksimum. Pemadatan ini dilakukan dalam cetakan dengan memakai alat pemukul dengan tinggi jatuh tertentu.

Tanah yang didapatkan dengan cara yang benar akan dapat memberikan kuat tekan dan geser tinggi. Stabilitas terhadap sifat kembang susut tergantung

dari jenis kandungan mineralnya. Tanah padat mempunyai permeabilitas yang rendah dan tanah ini tidak dapat dipadatkan dengan baik pada waktu sangat basah (jenuh). Bekerja pada tanah yang sangat basah akan mengalami banyak kesulitan, karena pada saat tanah dipadatkan, air sulit mengalir ke luar dari rongga pori tanah ini menyebabkan butiran sulit merapat satu sama lain saat dipadatkan. Dalam pemadatan tanah, ada empat faktor yang mempengaruhi pemadatan, yaitu :

1. Usaha pemadatan (energy pemadatan)
2. Jenis tanah (gradasi kohesif atau tidak kohesif, ukuran partikel dan sebagainya).
3. Kadar air.
4. Berat isi kering (*proctor* menggunakan angka pori)

2.9 Kuat Tekan Bebas

Metode uji kuat tekan-bebas tanah kohesif dimaksudkan untuk menentukan kuat tekanbebas contoh tanah yang memiliki kohesi, baik tanah tidak terganggu (*undisturbed*), dicetakulang (*remolded*) maupun contoh tanah yang dipadatkan (*compacted*). Standar ini digunakan sebagai acuan atau pegangan, terutama bagi teknisi laboratorium, dalam melakukan uji kuat tekan bebas tanah kohesif. Secara umum, standar ini meliputi ketentuan dan persyaratan peralatan, benda uji, cara uji (prosedur), perhitungan dan pelaporan. Tegangan tekan yang terjadi pada saat benda uji kuat tekan bebas runtuh melalui uji tekan.

Dalam standar ini, kuat tekan bebas ditentukan sebagai beban maksimum yang dicapai per luas penampang atau beban per luas penampang pada regangan aksial 15 %, pilih yang lebih dahulu tercapai selama pengujian Uji kuat tekan bebas ini terutama dimaksudkan untuk mendapatkan dengan cepat kuat tekan bebas tanah berkohesi sehingga dapat dilakukan pengujian tanpa tahanan keliling. Standar ini mencakup metode atau cara menentukan kuat tekan-bebas tanah kohesif dalam kondisi tidak terganggu, dicetak ulang, atau dipadatkan, selanjutnya dibebani beban aksial dengan pengaturan regangan. Standar ini digunakan untuk menentukan suatu nilai perkiraan kekuatan tanah kohesif yang dinyatakan dalam tegangan total.

Standar ini berlaku hanya untuk material kohesif, seperti lempung dan tanah tersemen (*cemented soil*) yang tetap tegak tanpa tahanan keliling dan tidak mengeluarkan air selama pembebanan (air keluar dari tanah akibat deformasi/perubahan bentuk). Untuk pengujian yang menggunakan tahanan keliling, lihat catatan 1. Untuk tanah kering dan mudah hancur (rapuh), material yang retak, lanau, gambut dan pasir tidak dapat diuji dengan standar ini karena memperoleh nilai kuat tekan bebas yang tidak valid. Penentuan kekuatan tanah kohesif tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase dengan diberikan tahanan keliling ditentukan melalui uji triaksial sesuai dengan SNI 03-4813-1998 (ASTM D2850). Standar ini tidak digunakan untuk menggantikan SNI 03-4813-1998 (ASTM D 2850).

Satuan yang digunakan dalam standar ini adalah SI. Satuan yang dinyatakan di luar SI hanya untuk membantu penjelasan. Standar ini tidak mencantumkan semua yang berkaitan dengan keselamatan kerja, bila ada menjadi tanggung jawab pengguna standar ini untuk menentukan keselamatan dan kesehatan serta menentukan aplikasi batasan-batasan regulasi/ketentuan sebelum digunakan.

Uji kuat tekan bebas ini terutama dimaksudkan untuk mendapatkan dengan cepat kuat tekan bebas tanah berkohesi sehingga dapat dilakukan pengujian tanpa tahanan keliling. Contoh tanah yang mempunyai struktur berlapis atau retak, tanah lepas, lempung sangat lunak, tanah kering dan rapuh/mudah hancur, atau contoh tanah yang mengandung cukup banyak lanau dan/atau pasir, umumnya menghasilkan kekuatan geser yang lebih besar apabila dilakukan pengujian triaksial tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase sesuai dengan SNI 03-4813-1998 (ASTM D 2850).

Demikian juga untuk tanah yang tidak jenuh, biasanya akan menghasilkan kekuatan geser yang berbeda apabila dilakukan pengujian triaksial tidak terkonsolidasi dan tidak terdrainase sesuai dengan SNI 03-4813 1998 (ASTM D 2850). Jika pengujian dilakukan terhadap benda uji dari contoh yang sama, baik untuk benda uji tidak terganggu maupun dicetak ulang, sensitivitas material dapat

ditentukan. Cara penentuan sensitivitas hanya sesuai untuk contoh tanah yang tetap stabil jika dicetak ulang.

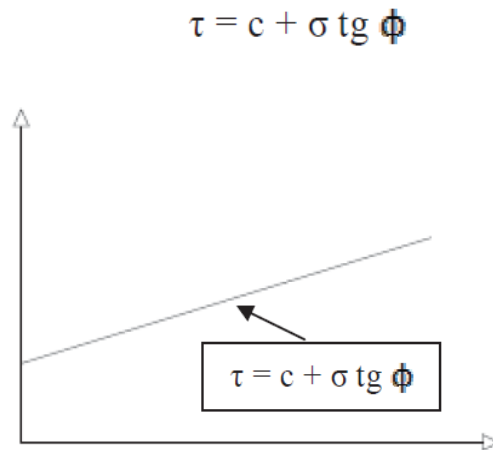
Alat uji kuat tekan bebas dapat berupa sebuah alat seperti pelat dengan skala beban (*a platform weighing scale*) yang dilengkapi dengan sistem pembebanan menggunakan dongkrak putar (*a screw-jack-activated load yoke*), alat dongkrak hidrolis, atau sistem pembebanan lainnya dengan kapasitas yang sesuai dengan peruntukannya, antara lain untuk mengatur kecepatan pembebanan seperti. Untuk tanah dengan kuat tekan bebas kurang dari 100 kN/m² (100 kPa), alat uji kuat tekan bebas harus mampu mengukur tekanan untuk setiap peningkatan 1 kN/m² (1 kPa). Untuk tanah dengan kuat tekan bebas 100 kN/m² (100 kPa) atau lebih, alat uji kuat tekan bebas harus mampu mengukur tekanan untuk setiap peningkatan 5 kN/m² (5 kPa).

2.10 Kuat Geser Tanah

Pada material tanah, parameter yang perlu ditinjau adalah kekuatan geser tanahnya. Pengetahuan mengenai kekuatan geser diperlukan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang berkaitan dengan stabilisasi tanah. Salah satu pengujian yang digunakan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah adalah uji kuat tekan bebas. Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh (Hardiyatmo, 2002).

1. Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, Tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser,
2. Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Rumus menurut Coulomb (1776)



Gambar 2.1 Grafik Mohr dan Coulomb

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$$

dengan :

τ = kuat geser tanah (kN/m²)

c = kohesi tanah

ϕ = sudut gesek dalam tanah atau sudut gesek intern

(derajat)

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m²)

Ada beberapa cara untuk menentukan kuat geser tanah, antara lain :

1. Pengujian geser langsung (Direct shear test)
2. Pengujian tiaksial (Triaksial test)
3. Pengujian tekan bebas (Unconfined compression test)

Namun dalam penelitian ini yang digunakan untuk menentukan kuat geser tanah adalah pengujian geser langsung.

1. Geser Langsung adalah Suatu percobaan untuk memperoleh kuat geser tanah dengan percobaan geser langsung. Dimana tahanan geser diukur pada suatu cincin uji (*proving ring*), dan harga maksimum adalah kekuatan geser tanah pada bidang keruntuhan. Kuat geser tanah ini diperoleh dengan contoh tanah yang

dibebani bermacam-macam beban tekan dan digambar suatu grafik dari tegangan geser terhadap tegangan tekan, biasanya memberikan suatu grafik garis lurus.

2.11 CBR (*California Bearing Ratio*)

CBR (*California Bearing Ratio*) adalah percobaan daya dukung tanah yang dikembangkan oleh California State Highway Departement. Prinsip pengujian ini adalah pengujian penetrasi dengan menusukkan benda ke dalam benda uji. Dengan cara ini dapat dinilai kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang dipergunakan untuk membuat perkerasan.

Kekuatan tanah diuji dengan uji CBR sesuai dengan SNI-1744-1989. Nilai kekuatan tanah tersebut digunakan sebagai acuan perlu tidaknya distabilisasi setelah dibandingkan dengan yang disyaratkan dalam spesifikasinya.

Pengujian CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Nilai CBR dihitung pada penetrasi sebesar 0.1 inci dan penetrasi sebesar 0.2 inci. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai CBR material tanah yang dipadatkan menggunakan hammer pada kadar air optimum (*wopt*). Pengujian dibagi menjadi dua metode, yaitu pengujian CBR laboratorium rendaman dan pengujian CBR laboratorium tanpa rendaman. Pengujian berdasarkan ASTM D 1883 dan SNI 1744 2012

Untuk pengujian CBR ada dua macam pengujian yaitu :

1. Nilai CBR untuk tekanan penetrasi pada 0.254 cm (0,1”) terhadap penetrasi standard besarnya 70,37 kg/cm² (1000 psi).

$$\text{Nilai CBR} = (PI/70,37) \times 100 \% \text{ (PI dalam kg / cm}^2 \text{)}$$

2. Nilai CBR untuk tekanan penetrasi pada penetrasi 0,508 cm (0,2”) terhadap penetrasi standard yang besarnya 105,56 kg/cm² (1500 psi) Nilai CBR = $PI/105,56) \times 100 \% \text{ (PI dalam kg / cm}^2 \text{)}$

Dari kedua hitungan tersebut digunakan nilai terbesar.

CBR laboratorium dapat dibedakan atas 2 macam yaitu :

- a). CBR laboratorium rendaman (*soaked design CBR*)

Pada pengujian CBR laboratorium rendaman pelaksanaannya lebih sulit karena membutuhkan waktu dan biaya relatif lebih besar dibandingkan CBR laboratorium tanpa rendaman.

b.) CBR laboratorium tanpa rendaman (*Unsoaked Design CBR*) Sedang dari hasil pengujian CBR laboratorium tanpa rendaman sejauh ini selalu menghasilkan daya dukung tanah lebih besar dibandingkan dengan CBR laboratorium rendaman. Nilai CBR adalah perbandingan (dalam persen) antara tekanan yang diperlukan untuk menembus tanah dengan piston berpenampang bulat seluas

3 inch² dengan kecepatan 0,05 inch/menit terhadap tekanan yang diperlukan untuk menembus bahan standard tertentu. Tujuan dilakukan pengujian CBR ini adalah untuk mengetahui nilai CBR pada variasi kadar air pemadatan. Adapun alat-alat yang di gunakan untuk pengujian CBR, diantaranya :

1. Mesin penetrasi (loading machine) dilengkapi alat pengukur beban berkapasitas sekurang-kurangnya 4,45 ton atau 10.000 lb dengan kecepatan penetrasi sebesar 1,27 mm atau 0,05” per menit.
2. Cetakan logam berbentuk silinder diameter bagian dalam $152,4 \pm 0,6609$ mm atau $6'' \pm 0,0026''$ dan tinggi $177,8 \pm 0,13$ mm atau $7'' \pm 0,005''$. Cetakan harus dilengkapi leher sambung dengan tinggi 50,8 mm atau 2,0” dan keping alas logam yang berlubang-lubang dengan tebal 9,53 mm atau $3/8''$ dan diameter lubang tidak lebih dari 1,59 mm atau $1/16''$.
3. Piringan pemisah dari logam (sapacer disc) dengan diameter 150,8 mm atau $515/16''$ dan tebal 61,4 mm atau 2,416”. 2.1.4. Alat penumbuk sesuai dengan cara Pengujian Pemadatan Ringan Untuk Tanah,
4. Alat pengukur pengembangan (swell) yang terdiri dari keping pengembangan Yang berlubang-lubang dengan batang pengatur, tripod logam, dan arloji penunjuk.
5. Keping beban dengan berat 2,27 kg (5 lb), diameter 194,2 mm atau $57/8''$ dengan lubang tengah berdiameter 54,0 mm atau $21/8''$ 2.1.7. Torak penetrasi dari logam berdiameter 49,5 mm atau 1,95” luas 1935 mm² atau 3 inchi² dan panjang tidak kurang dari 101,6 mm atau 4”. SNI 03-1744-1989 2 2.1.8.

6. Dua buah arloji pengukur penetrasi, dengan ketelitian 0,01 mm atau 0,001". Peralatan lain seperti talam, alat perata, dan tempat untuk rendam. Alat timbang sesuai cara : Pengujian Pemadatan Ringan Untuk Tanah,